

13. 05. 2004

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

REC'D 26 MAY 2004	
WIPO	PCT

Aktenzeichen:

103 17 160.6

Anmeldetag:

14. April 2003

Anmelder/Inhaber:

Wacker Construction Equipment AG,
80809 München

Bezeichnung:

System und Verfahren zur automatisierten Boden-
verdichtung

IPC:

E 02 D 3/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

MÜLLER · HOFFMANN & PARTNER - PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys - European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17
D-81667 München

Anwaltsakte: 54.822

Anmelderzeichen: WW_AZ_0000194

Ho/kx

14.04.2003

Wacker Construction Equipment AG

Preußenstraße 41

80809 München

**System und Verfahren zur
automatisierten Bodenverdichtung**

Beschreibung

- 1 Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung.

Aus der DE 100 53 446 A1 ist eine fahrbare Bodenverdichtungs-
5 Fahrtrichtungsstabilisierung bekannt. Die Vorrichtung weist eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen der tatsächlichen Fahrbewegung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung auf. Die tatsächliche Fahrbewegung wird mit einem vom Bediener vorgegebenen Sollwert verglichen. Eventuelle Abweichungen z. B. aufgrund von Störungen werden automatisch durch eine Fahrtregelungseinrichtung korrigiert. Dadurch folgt die Bodenverdichtungs-
vorrichtung, z. B. eine Vibrationsplatte oder eine Walze, stabil einem vom Bediener vorgegebenen Fahrweg.

- Durch die Fahrtrichtungsstabilisierung kann der Bediener bereits deutlich bei
15 seiner Arbeit entlastet werden. Insbesondere kurze, stochastische Störungen der Fahrt der Bodenverdichtungs-
vorrichtung (hier: eine Vibrationsplatte) werden automatisch ausgeglichen, so dass der Bediener keine Gegenmaßnahmen ergreifen muss, wenn die Bodenverdichtungs-
vorrichtung kurzzeitig von dem vorgegebenen Kurs abweicht. Jedoch erfordert insbesondere das Verdichten größerer Flächen
20 vom Bediener nach wie vor erhöhte Konzentration, um die Bodenverdichtungs-
vorrichtung in einer sinnvollen Weise zu fahren und um sicherzustellen, dass die Fläche vollständig verdichtet wird. Aufgrund der relativ langsamen Fortbewegung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung kann diese Arbeit anstrengend und ermüdend sein. Daher ist es wünschenswert, den Bedienungs-
komfort zusätzlich
25 zu verbessern.

- Aus der US-A-6,113,309 ist eine aus mehreren Walzenbandagen bestehende
Walzvorrichtung bekannt, die automatisch eine vorgegebene Strecke nachfährt
und dadurch den Boden verdichtet. Die Vorgabe der Verdichtungsstrecke erfolgt
30 entweder durch mechanische Einrichtungen, z. B. durch Markierungen auf dem zu verdichtenden Boden, oder durch GPS-Daten, die vorher beim Ausbringen des zu verdichtenden Asphalts erfasst wurden. Das Ziel der beschriebenen Lösung besteht darin, die Walzvorrichtung möglichst exakt an der Seitenkante des Asphalts entlangfahren zu lassen, um eine gleichmäßige Verdichtung zu erreichen.

- 1 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bodenverdichtungssystem und ein zugehöriges Verfahren anzugeben, mit dem die Bedienbarkeit und der Bedienungskomfort sowie die Wirtschaftlichkeit einer Bodenverdichtungsvorrichtung weiter verbessert werden können.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bodenverdichtungssystem gemäß Anspruch 1 sowie durch Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung gemäß den Ansprüchen 27 und 28 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

10

Erfindungsgemäß ist das Bodenverdichtungssystem mit einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung, z. B. einer Vibrationsplatte oder einer Walze, und einer Steuervorrichtung ausgestattet, wobei die Steuervorrichtung eine Flächendefinitionseinrichtung, eine Positionserfassungseinrichtung und einen

- 15 Fahrtgeber aufweist. Die Flächendefinitionseinrichtung dient zum Festlegen einer zu verdichtenden Fläche sowie der zugehörigen Flächengrenzen durch den Bediener. Der Bediener hat somit die Möglichkeit, Angaben zu der zu verdichtenden Fläche in das Bodenverdichtungssystem einzugeben, oder dem System die Flächengrenzen anderweitig mitzuteilen.

20

Die Positionserfassungseinrichtung dient zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung, wobei es wenigstens möglich sein muss, die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung in der Nähe der Flächengrenzen, also bei Annäherung an die jeweiligen Flächengrenzen zu erfassen.

- 30 Mit dem Fahrtgeber schließlich kann die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung geändert werden. Dazu wird der Bodenverdichtungsvorrichtung ein Sollwert für eine Fahrbewegung vom Fahrtgeber derart vorgegeben, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche ihre Fahrt fortsetzt. Wenn somit die Bodenverdichtungsvorrichtung sich einer jeweiligen Flächengrenze annähert, und die Gefahr besteht, dass sie bei unverändert fortgeführter Fahrt die Flächengrenze überfahren würde, kann der Fahrtgeber durch Ändern der Fahrtrichtung die entsprechenden Maßnahmen einleiten, um ein Überfahren der Flächengrenze zu verhindern.
- 35 Der Fahrtgeber kann dazu verschiedenen Regeln unterworfen sein, die später noch erläutert werden.

- 1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung wenigstens zum Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine der Flächengrenzen ausgebildet, wobei die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber änderbar ist, wenn die Positionserfassungseinrichtung eine Annäherung an die Flächengrenze feststellt.

Dadurch, dass die Positionserfassungseinrichtung lediglich eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an eine Flächengrenze feststellen muss, nicht jedoch permanent die tatsächliche Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der gesamten Fläche, kann die Positionserfassungseinrichtung vergleichsweise einfach und damit preiswert ausgeführt werden. Nur bei Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an die jeweilige Flächengrenze, z. B. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Abstandswerts von einem Meter, muss die Positionserfassungseinrichtung dann ein Signal abgeben.

15

Dieses Signal wird von dem Fahrtgeber empfangen, der daraufhin Maßnahmen zur Änderung der Fahrtrichtung einleitet, um ein Überfahren der Flächengrenze zu vermeiden.

- 20 Die Flächendefinitionseinrichtung kann eine Definition der Flächengrenzen mit Hilfe von mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Mitteln ermöglichen. Besonders einfach ist z. B. eine Kennzeichnung der Flächengrenzen mit Hilfe eines gespannten Drahtes, der von der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht überfahren werden darf. Eine als Positionserfassungseinrichtung dienende Antenne oder ein geeigneter Fühler kann eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung an den Draht feststellen und das erforderliche Annäherungssignal an den Fahrtgeber übermitteln.

- Alternativ dazu lassen sich die Flächengrenzen z. B. auch durch aufgesprühte Farbmarkierungen oder Laserstrahlen definieren, wobei die Positionserfassungseinrichtung optische Mittel (Fotodetektoren, Kameras, o. Ä.) aufweist, um die optischen Signale auszuwerten.

- 30 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Fahrtgeber eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, während des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel bewirkt. Das bedeutet, dass die Vibrationsplatte bei Erreichen einer Flächengrenze jeweils mit dem vorgege-

35

- 1 benen Winkel nach links oder rechts abbiegt und die Fahrt dann in Geradeausrichtung fortführt. Dabei ist selbstverständlich sicherzustellen, dass die Abbiegerichtung nicht so gewählt wird, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung nach dem Abbiegen weiterhin das Bestreben hat, die sich in ihrer Nähe befindliche
- 5 Flächengrenze zu überfahren. Es kann daher besonders vorteilhaft sein, wenn der Änderungswinkel ein spitzer Winkel kleiner als 90° ist, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung mit spitzem Winkel von der Flächengrenze "reflektiert" wird.

- 10 Alternativ dazu ist es bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung möglich, dass sich der "Abbiegewinkel" jeweils ändert und nach dem Zufallsprinzip - oder aus einer vorgegebenen Tabelle - durch den Fahrtgeber ausgewählt wird.

- Diese Maßnahmen sind geeignet, ein zufälliges Überfahren der zu verdichtenden
- 15 Fläche durch die Bodenverdichtungsvorrichtung zu gewährleisten. Im Laufe der Zeit ist es dadurch möglich, nahezu die gesamte Fläche vollständig zu überfahren. Sofern gegen Ende des Verdichtungsprozesses einzelne Bodenbereiche noch nicht überfahren und somit verdichtet worden sind, kann der Bediener nachfolgend manuell eingreifen und diese Flächen gezielt verdichten.

20

Bei einer anderen, besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Wegplanungseinrichtung zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (Kurs) aufgrund der festgelegten Fläche vorgesehen, wobei die Bodenverdichtungsvorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens einmal vollständig überfährt.

- Das bedeutet, dass aufgrund der in der Flächendefinitionseinrichtung gespeicherten Angaben zu der zu verdichtenden Fläche und der zugehörigen Flächengrenzen ein Fahrweg geplant werden kann, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung folgen muss, um die zu verdichtende Fläche zu überfahren. Die Fahrwegplanung kann mit Rechnerunterstützung automatisiert durchgeführt werden, wobei auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrichtung berücksichtigt wird. Gerade bei einfach geschnittenen Flächen jedoch ist es auch möglich, die Fahrwegplanung dem Bediener zu überlassen. Er muss lediglich - z. B. durch
- 30 Einzeichnen des Fahrwegs in eine auf einem Bildschirm dargestellte Fläche - die Fahrwegskordinaten vorgeben.
- 35

- 1 Vorteilhafterweise ist die Positionserfassungseinrichtung zum ständigen Erfas-
sen der aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der Flä-
chengrenzen ausgebildet. Das bedeutet, dass die Positionserfassungseinrichtung
stets die genaue Position - ggfs. sogar die Fahrtrichtung - der Bodenverdich-
5 tungsvorrichtung kennt.

Bei dieser Ausführungsform ist der Fahrtgeber derart ausgebildet, dass er auf-
grund eines Vergleichs der von der Positionserfassungseinrichtung übermittelten
aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung mit der von der Wegpla-
10 nungseinrichtung gegebenen Fahrwegsvorgabe einen Sollwert für eine Fahrbewe-
gung der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Dieser Sollwert wird derart
gewählt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung der Fahrwegsvorgabe folgt.

- Bei dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform ist es somit möglich, nach
15 Eingabe der Koordinaten der zu verdichtenden Fläche einen Fahrweg festzule-
gen, dem die Bodenverdichtungsvorrichtung automatisch folgt. Der Fahrtgeber
stellt sicher, dass die Position der Bodenverdichtungsvorrichtung nicht von dem
vorgegebenen Fahrweg abweicht. Vielmehr kann der Fahrtgeber durch Beeinflus-
sung der Antriebe der Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere von Vor-
20 schub und Lenkung gewährleisten, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung den
vorgegebenen Weg nachfährt.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Flä-
chendefinitionseinrichtung eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestim-
men von absoluten geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthalts-
ortes auf. Weiterhin ist ein Speicher mit geografischen Ortsinformationen zu
dem Bereich der zu verdichtenden Fläche mit der Flächendefinitionseinrichtung
gekoppelt.

- 30 Damit ermöglicht es die Flächendefinitionseinrichtung, erforderliche Ortsinfor-
mationen zu dem Gebiet, in dem sich die zu verdichtende Fläche befindet, be-
reitzustellen und gegebenenfalls dem Bediener zu präsentieren. Zum Beispiel
kann die Flächendefinitionseinrichtung mit Hilfe eines GPS-Empfängers ihren
Aufenthaltort bestimmen und aus einem magnetooptischen Speichermedium
35 (CD-ROM, DVD-ROM) zugehörige Ortsdaten auslesen und dem Bediener auf
einem Display anzeigen. Für den Bediener ist es dann einfach möglich, auf dem
Bildschirm die nötigen Vorgaben zur Definition der zu verdichtenden Fläche ein-

- 1 zugeben. Dazu ist es vorteilhaft, wenn die Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten definierbar sind.

Die Definition der Flächengrenzen durch absolute Ortskoordinaten ist auch besonders dann zweckmäßig, wenn auch die Positionserfassungseinrichtung die absoluten Ortskoordinaten der Bodenverdichtungsvorrichtung bestimmt. Die jeweils vorliegenden Koordinaten lassen sich dann in geeigneter Weise in Einklang bringen.

- 10 Die Fahrwegsvorgabe wiederum kann durch die Wegplanungseinrichtung in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definiert werden. Relative geografische Ortskoordinaten haben den Vorteil, dass - ausgehend von einem Referenzpunkt - auch Relativangaben (Winkel, Richtungen, Himmelsrichtungen, Fahrstrecken) ausreichen, um den Fahrweg zu definieren.

15

Sofern die Wegplanung automatisiert erfolgen soll, ist es zweckmäßig, wenn die Wegplanungseinrichtung mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist. Aufgrund der Tatsache, dass bei der Fahrt einer Bodenverdichtungsvorrichtung ohnehin gewisse Toleranzen auftreten, sind die

- 20 Anforderungen an die Optimierungsalgorithmen nicht sehr hoch zu stellen. So kann es für die meisten Fälle ausreichen, wenn die Algorithmen ein Hin- und Herfahren der Bodenverdichtungsvorrichtung oder einen mäander- bzw. spiralförmigen Fahrweg planen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung, insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung, der Fahrtgeber oder die Wegplanungseinrichtung räumlich getrennt von der Bodenverdichtungsvorrichtung angeordnet sind. Die Bodenverdichtungsvorrichtung ist naturgemäß stark schwingungsbehaftet. Sofern die genannten Komponenten nicht auf

- 30 der Bodenverdichtungsvorrichtung selbst, sondern räumlich davon getrennt aufgestellt werden können, lassen sich auch empfindlichere elektronische Bauteile verwenden, die beim Einsatz nahe eines Schwingungserregers der Bodenverdichtungsvorrichtung schnell Schaden nehmen würden.

- 35 Zur Übermittlung der erforderlichen Daten zwischen den Komponenten, insbesondere zwischen dem Fahrtgeber und der Bodenverdichtungsvorrichtung, kann vorteilhafterweise eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke eingesetzt werden.

- 1 Darüber sollte wenigstens der Sollwert vom Fahrtgeber übermittelt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn darüber hinaus eine Eingabeeinrichtung zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist. Damit hat der Bediener die Möglichkeit, z. B. wenn Gefahr im Verzug ist, die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung durch manuellen Eingriff außer Kraft zu setzen, so dass die Bodenverdichtungsvorrichtung lediglich den manuellen Befehlen gehorcht.

- 5
10 Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Positionserfassungseinrichtung mit einem - ggfs. räumlich von der Bodenverdichtungsvorrichtung getrennt vorgesehenen - Speicher gekoppelt, um Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungsvorrichtung erreichten Positionen zu speichern. Diese Daten können z. B. absolute geografische Ortskoordinaten sein.

15

- Die gespeicherten Daten lassen sich z. B. an eine Auswerteeinrichtung übergeben, die unter Berücksichtigung der Daten der Flächendefinitionseinrichtung z. B. in grafischer Weise den Verdichtungserfolg darstellt. Dazu können durch die Auswerteeinrichtung auf einem Display die vorgegebenen Flächengrenzen dargestellt sowie die von der Bodenverdichtungsvorrichtung zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichtete Fläche angezeigt werden. Dadurch ist es für den Bediener sehr einfach festzustellen, ob die Bodenverdichtungsvorrichtung die vorgegebene Fläche in der gewünschten Weise überfahren und verdichtet hat. Bei der grafischen Anzeige kann selbstverständlich auch die Breite der Bodenverdichtungsvorrichtung und damit die Breite der jeweils verdichteten Spur Berücksichtigung finden.

- 30 Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung nutzt das Bodenverdichtungssystem eine Bodenverdichtungsvorrichtung, wie sie z. B. aus der DE 100 53 446 A1 bekannt ist. Wie bereits oben ausgeführt, weist eine derartige Bodenverdichtungsvorrichtung eine Fahrtrichtungsstabilisierung auf, die es ermöglicht, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung exakt dem von einem Bediener vorgegebenen Weg folgt.

- 35 Dazu weist die Bodenverdichtungsvorrichtung einen z. B. einen Schwingungserreger umfassenden Fahrtrieb zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung, eine Lenkeinrichtung zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse der Bo-

- 1 denverdichtungsvorrichtung sowie eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung auf. Weiterhin ist eine Fahrtregelungseinrichtung vorgesehen, die mit dem Istwert und dem vom Fahrtgeber des Bodenverdichtungssystems vorgegebenen Sollwert beaufschlagbar ist und die
- 5 Lenkeinrichtung bzw. den Fahrtrieb derart ansteuert, dass eine Differenz zwischen Ist- und Sollwert minimal wird.

Die aus der DE 100 53 446 A1 bekannte Bodenverdichtungsvorrichtung wird somit durch die Erfindung weiterentwickelt. Während dort nämlich die Sollwert-

10 vorgabe mittels einer Fernsteuerung durch den Bediener erfolgte, wird der Sollwert erfindungsgemäß von dem Fahrtgeber vorgegeben, der versucht, die Bodenverdichtungsvorrichtung innerhalb der zu verdichtenden Fläche zu bewegen. Die aus der DE 100 53 446 A1 beschriebene Fahrtrichtungsstabilisierung erleichtert dem Fahrtgeber die Arbeit, weil Störungen beim Verfahren der Bodenverdich-

15 tungsvorrichtung, z. B. durch unebene Böden, Steine, Querkräfte, etc., sofort durch die Bodenverdichtungsvorrichtung selbst ausgeglichen werden und nicht eine Abweichung der Bodenverdichtungsvorrichtung vom vorgegebenen Kurs bewirken.

- 20 Auf diese Weise weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem wenigstens zwei Regelkreise auf: Der äußere Regelkreis umfasst den Fahrtgeber und bewirkt, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung einem bestimmten Weg bzw. Kurs folgt. Der Weg kann entweder ein mehr oder weniger zufällig bestimmter Weg innerhalb der Grenzen der zu verdichtenden Fläche oder ein exakt durch die Wegplanungseinrichtung vorgegebener Fahrweg sein. Der innere Regelkreis hingegen ist direkt mit der Bodenverdichtungsvorrichtung gekoppelt und erkennt bereits geringfügige Abweichungen von einer durch den äußeren Regelkreis vorgegebenen Fahrtrichtung bei einer Geradeaus- oder Kurvenfahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung. Durch Kombination der beiden Regelkreise ist es
- 30 möglich, die Bodenverdichtungsvorrichtung sehr präzise auf der zu verdichtenden Fläche zu verfahren.

Der mechanische Aufbau einer als Bodenverdichtungsvorrichtung geeigneten Vibrationsplatte ist an sich bekannt und in der DE 100 53 446 A1 ausführlich be-

35 schrieben, so dass sich eine Wiederholung erübrigt. Jedenfalls ist es zweckmäßig, wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung einen Schwingungserreger mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig formschlüssig drehbaren Wellen aufweist, die

- 1 jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen und deren Phasenlage zueinander verstellbar ist. Durch die Verstellung der Phasenlage ist es möglich, eine Fahrbewegung der Vibrationsplatte in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung zu bewirken.

5

Besonders vorteilhaft ist es, wenn auf wenigstens einer der Wellen des Schwingungserregers zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind, die hinsichtlich ihrer Phasenlage zueinander verstellbar sind. Dadurch wird eine Lenkeinrichtung gebildet, mit der es dann möglich ist, die Phasenlage der Unwuchtmassen zueinander einzustellen und dadurch ein Giermoment um die Hochachse der Vibrationsplatte zu erzeugen, was eine Verdrehung der Vibrationsplatte über dem Boden zur Folge hat.

10

Aufgrund der hochentwickelten Fahrtregelungseinrichtung ist es nicht nur möglich, die Vibrationsplatte hin- und her zu verfahren bzw. im Stand zu verdrehen. Vielmehr lassen sich auch Kurvenradien durch Überlagerung der Vortriebsbewegung und des Giermoments präzise durchfahren. Diesen besonderen Vorteil macht sich das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem zunutze, um insbesondere in Kombination mit der Wegplanungseinrichtung optimierte Fahrwege auf der zu verdichtenden Fläche zu realisieren.

20

Bei einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind in der Vibrationsplatte mehrere Schwingungserregungseinrichtungen vorgesehen, die nach dem gleichen, oben beschriebenen Zwei-Wellen-Prinzip arbeiten. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Vortriebsrichtung von wenigstens einer der Schwingungserregungseinrichtung von denen der anderen abweicht. Durch gezielte individuelle Ansteuerung der einzelnen Schwingungserregungseinrichtungen ist es dann möglich, die Vibrationsplatte in verschiedene Richtungen zu bewegen, ohne dass die den Boden berührende Bodenkontaktplatte über dem Boden verdreht werden muss. Vielmehr bleibt die Relativstellung der Bodenkontaktplatte zum Boden erhalten, während die Bodenkontaktplatte und damit die gesamte Vibrationsplatte aufgrund der Wirkung der jeweiligen Schwingungserregungseinrichtungen in die gewünschte Richtung bewegt wird. Die jeweils nicht zum Vortrieb oder zur Lenkung genutzten Schwingungserregungseinrichtungen können dabei derart eingestellt werden, dass sie lediglich eine Vertikalschwingung erzeugen, die ausschließlich zur Bodenverdichtung genutzt werden kann, wie auch in der DE 100 53 446 A1 beschrieben.

30

35

- 1 Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung dieser Variante weist die von
den Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontaktplatte ei-
nen im Wesentlichen kreisförmigen Grundriss auf. Dieser Grundriss ermöglicht
es in besonders einfacher Weise, die Vibrationsplatte gleichmäßig in alle Him-
5 melsrichtungen zu bewegen.

Wie bereits oben dargelegt, lässt sich das erfindungsgemäße Bodenverdichtungs-
system zur Realisierung von zwei alternativen Verfahren zur automatisierten Bo-
denverdichtung nutzen:

10

- Nach einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird die Bodenverdichtungs-
vorrichtung automatisch innerhalb der Flächengrenzen, vorzugsweise in Gerade-
ausrichtung verfahren, wobei eine Annäherung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung an eine der Flächengrenzen erfasst wird. Bei Annäherung an eine Flächen-
15 grenze erfolgt ein automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdich-
tungsvorrichtung derart, dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung die jeweilige Flächengrenze nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche die Fahrt fortsetzt.

20

- Gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren ist es ebenfalls möglich, zu-
nächst die Flächengrenzen der zu verdichtenden Fläche zu definieren, wobei die
die Flächengrenzen repräsentierenden Daten gespeichert werden können. Auf-
grund dieser Daten wird eine Vorgabe für einen Fahrweg geplant, mit dem si-
chergestellt wird, dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche wenigstens einmal vollständig
überfährt. Schließlich wird die Bodenverdichtungs-
5 vorrichtung automatisch ent-
lang der Fahrwegsvorgabe verfahren.

30

- Die bisher beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung zielen im Wesentlichen
auf eine geometrische Vorgabe bzw. Beeinflussung des Fahrwegs der Bodenver-
dichtungsvorrichtung ab. Bei einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung
der Erfindung ist es alternativ oder ergänzend möglich, den Bodenverdichtungs-
zustand des Bodens zu erfassen und als Kriterium für die Wegplanung zu nut-
zen. Dies ist insbesondere jeweils an der Stelle möglich, die gerade von der Bo-
denverdichtungs-
vorrichtung überfahren wird. So ist es zum Beispiel bekannt,
35 aufgrund der auf eine Bodenkontaktplatte der Bodenverdichtungs-
vorrichtung wirkenden Reaktionskräfte des Bodens oder aufgrund seines Dämpfungsverhal-
tens Rückschlüsse auf den Verdichtungs-
zustand zu ziehen. Auch ist es möglich,

- 1 aufgrund von Änderungen dieses Verhaltens zu erkennen, inwieweit der Boden bereits verdichtet ist. In diesem Zusammenhang sei zum Beispiel auf die DE 100 46 336 A1, WO-A-98-17865 und WO-A-95-10664 verwiesen, in denen derartige Möglichkeiten zum Feststellen des Verdichtungszustandes erörtert sind.

5

- Die auf diese Weise gewonnene Information über den Ist-Verdichtungszustand des Bodens wird mit einem Sollwert verglichen, den der Bediener über ein geeignetes Eingabemedium, zum Beispiel aber auch per Fernsteuerung oder über einen Computer (Laptop) eingeben kann. Wenn erkannt wird, dass der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und somit das gewünschte Verdichtungsergebnis in diesem Bereich des Bodens erzielt worden ist, kann die Wegplanungseinrichtung eine Änderung der Fahrwegsvorgabe derart vornehmen, dass der betreffende Bodenbereich nicht nochmals überfahren wird. Es ist somit möglich, durch Kombination der Flächendefinitionsdaten des zu verdichtenden Bodens und der Positionsdaten der Bodenverdichtungsvorrichtung einerseits mit den ermittelten Verdichtungsdaten andererseits durch die Wegplanungseinrichtung eine Strategie festzulegen, um eine weg- oder zeitoptimierte Wegstrecke für die Fahrt der Bodenverdichtungsvorrichtung vorzugeben. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn mehrere Übergänge der Bodenverdichtungsvorrichtung über den Boden erforderlich sind.

Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend unter Zuhilfenahme der begleitenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Draufsicht einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Bodenverdichtungssystem in der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zu verdichtenden Fläche zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 ein Schema zur Erläuterung der Fahrtregelung bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5 verschiedene Varianten einer Bodenverdichtungsvorrichtung für das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem.

- 1 Fig. 1 zeigt in schematischer Draufsicht eine zu verdichtende Fläche 1, die von
(in der Realität unsichtbaren) Flächengrenzen 2 umschlossen bzw. definiert ist.

Die Fläche 1 besteht z. B. aus einem locker aufgeschütteten Boden aus Kies
5 oder Erde und ist zur Verfestigung durch eine Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3 zu verdichten. Als Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3 eignet sich in üblicher Weise
eine an sich bekannte Vibrationswalze oder eine Vibrationsplatte. Die Bodenver-
dichtungs-
vorrichtung 3 weist wenigstens einen Schwingungserreger auf, mit
dem eine Bandagentrommel (bei der Walze) oder eine Bodenkontaktplatte (bei
10 der Vibrationsplatte bzw. Rüttelplatte) mit einer vorzugsweise vertikalen Schwin-
gung beaufschlagt wird. Dieses Bodenverdichtungsprinzip ist seit langem be-
kannt und bewährt, so dass sich eine weitergehende Erläuterung erübrigt.

In Fig. 1 ist dargestellt, dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3 innerhalb der
15 Flächengrenzen 2 entlang eines Fahrwegs 4 bewegt wurde und dadurch bereits
einen Teil der Fläche 1 verdichtet hat. Der Fahrweg 4 in dem in Fig. 1 gezeigten
Beispiel verläuft im Wesentlichen spiralförmig. Selbstverständlich ist es auch
möglich, die Fläche 1 mit Hilfe von anderen Fahrwegen, z. B. einem mäanderfö-
rmigen Weg, einem Hin- und Herverfahren der Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3,
20 einer Zickzack-Fahrt oder gar durch völlig zufälliges Überfahren der Fläche 1 zu
verdichten.

Zur Steuerung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3 ist es unter anderem be-
kannt, eine Fernsteuerung 5 vorzusehen, die Steuerbefehle an die Bodenverdich-
tungs-
vorrichtung 3 über Kabel oder kabellos über eine Funk-, Infrarot- oder
Laserstrecke übermittelt und dadurch die Vorwärts-, Rückwärts- oder Lenkbe-
wegung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung 3 kontrolliert. Üblicherweise wird die
Fernsteuerung 5 von einem Bediener gehalten, der dadurch die gewünschten
Steuerbefehle vorgeben kann.

30

Erfindungsgemäß jedoch weist die Fernsteuerung 5 erheblich mehr Komponen-
ten und Funktionen auf, als aus dem Stand der Technik bekannt. Dies wird im
Zusammenhang mit Fig. 2 deutlich.

35 Danach weist die Fernsteuerung 5 (auch als Steuervorrichtung bezeichnet) unter
anderem eine Flächendefinitionseinrichtung 6, eine Wegplanungseinrichtung 7,
einen Fahrtgeber 8a sowie eine zusätzliche Eingabeeinrichtung 9 auf. Insbeson-

1 dere die Flächendefinitionseinrichtung 6, die Wegplanungseinrichtung 7 und der
Fahrtgeber 8a können besonders vorteilhaft softwaremäßig in einem Computer
10, z. B. einem Laptop, mit einer Eingabeeinrichtung 11 und einer Anzeige 12
untergebracht werden.

5

Über einen Sender 13 ist die Fernsteuerung 5 über eine Funk-, Infrarot- oder
Laserstrecke mit einem Empfänger 14 auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3
gekoppelt, der die von der Fernsteuerung 5 erhaltenen Steuersignale an eine
Fahrtregelungseinrichtung 15 weitergibt.

10

Die Fahrtregelungseinrichtung 15 der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 dient
zum Ansteuern eines Schwingungserregers 16, der in bekannter Weise eine Ver-
tikalschwingung zur Bodenverdichtung in eine Bodenkontaktplatte 17 einleitet.
Der Schwingungserreger 16 besteht aus einem sogenannten Zwei-Wellen-Erre-
15 ger, wobei die Wellen 25, 26 formschlüssig gegenläufig drehbar miteinander ge-
koppelt sind und jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse tragen. Außer zur Er-
zeugung der Vertikalschwingung zur Bodenverdichtung dient der Schwingungs-
erreger 16 auch zum Erzeugen einer Kraftwirkung in Fahrtrichtung (vorwärts
oder rückwärts) sowie zum Erzeugen eines Giermoments um die Hochachse der
20 Bodenverdichtungsvorrichtung 3, um eine Lenkbewegung zu erzeugen. Ein der-
artiger Schwingungserreger 16 ist z. B. aus der DE 100 53 446 A1 sowie der DE-
G 78 18 542.9 bekannt, so dass sich eine weitergehende Beschreibung erübrigt.

An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist darüber hinaus eine Positionserfas-
5 sungseinrichtung 18 zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdich-
tungsvorrichtung 3 vorgesehen. Bei der Positionserfassungseinrichtung 18 kann
es sich z. B. um einen GPS-Empfänger handeln. Alternativ dazu ist es möglich,
die Positionserfassungseinrichtung 18 auch räumlich getrennt von der Boden-
verdichtungsvorrichtung 3, z. B. an der Fernsteuerung 5, vorzusehen, wobei
30 dann Mittel vorhanden sein müssen, mit denen die Positionserfassungseinrich-
tung 18 relativ präzise den jeweiligen aktuellen Standort der Bodenverdich-
tungsvorrichtung feststellen kann (Laser, Radar).

Sofern die Positionserfassungseinrichtung 18 auf der Bodenverdichtungsvor-
35 richtung 3 angeordnet ist, genügt es, wenn sie zum Bestimmen von absoluten
geografischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen eigenen Aufenthaltsortes ausge-
bildet ist. Wenn aber die Positionserfassungseinrichtung 18 außerhalb von der

- 1 Bodenverdichtungsvorrichtung 3 aufgebaut wird, muss sie selbstverständlich in der Lage sein, die Ortskoordinaten des jeweiligen Aufenthaltsortes der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 zu bestimmen.
- 5 Ebenso ist es möglich, den Fahrtgeber 8a statt in der Fernsteuerung 5 ebenfalls an der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 anzuordnen (Bezugszeichen 8b). Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass jegliche Elektronik möglichst fernab von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 angeordnet werden sollte, um eine Beschädigung durch die starken Schwingungen des Schwingungserregers 16 zu vermeiden. Sofern also möglich, sollten die erforderlichen Daten an der Fernsteuerung 5 generiert und dann nur noch zur Steuerung des Schwingungserregers 16 an die Bodenverdichtungsvorrichtung 3, über den Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 übermittelt werden.
- 15 Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines ersten Beispiels erläutert. In dem Computer 10 ist ein nicht dargestellter Speicher, z. B. eine CD-ROM, vorgesehen, auf der geografische Ortsdaten gespeichert sind, die wenigstens den Bereich betreffen, in dem sich die zu verdichtende Fläche 1 befindet. Derartige Speichermedien sind z. B. für Navigationssysteme in Fahrzeugen erhältlich.
- Über einen nicht dargestellten GPS-Empfänger, der beispielsweise auch in der Positionserfassungseinrichtung 18 vorgesehen sein kann, erhält die Flächendefinitionseinrichtung 6 die erforderlichen Angaben, um aus dem Ortsspeicher die geografischen Ortsangaben zu ermitteln und auf der Anzeige 12 darzustellen. Mit Hilfe der Eingabeeinrichtung 11, wozu auch eine bekannte Maus-Steuerung oder andere grafische Eingabemittel gehören können, definiert der Bediener auf der Anzeige 12 die Grenzen 2 der zu verdichtenden Fläche 1. In der Flächendefinitionseinrichtung 6 werden die grafischen Eingaben vom Bediener in absolute oder relative Ortskoordinaten umgesetzt und der Wegplanungseinrichtung 7 zur Verfügung gestellt.
- Absolute Ortskoordinaten, z. B. in Form von GPS-Koordinaten, eignen sich besonders gut für eine präzise Bodenverdichtung einer größeren Fläche. Alternativ dazu ist es auch möglich, mit relativen Ortskoordinaten zu arbeiten und - ausgehend von einem Referenzpunkt - mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 Relativangaben, wie z. B. Längen, Winkel, Himmelsrichtungen, einzugeben.

- 1 Die Verwendung von relativen Ortskoordinaten kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn sich die Bestimmung absoluter Ortskoordinaten (z. B. GPS-Koordinaten) als schwierig oder zu ungenau erweist. Zur Bestimmung der relativen Ortskoordinaten kann die Positionserfassungseinrichtung z. B. einen in der
- 5 Nähe der zu verdichtenden Fläche 1 aufgestellten Sender aufweisen, der die Fläche 1 mit einem bestimmten Signal überstreicht. Vorteilhafterweise ist darüber hinaus ein zweiter Sender von dem ersten Sender räumlich getrennt aufgebaut, der ebenfalls ein Signal abstrahlt, so dass ein zu der Positionserfassungseinrichtung 18 gehörender Empfänger auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 durch
- 10 Auswertung der Signale (z. B. durch Bestimmung von Interferenzen oder Phasenunterschieden) die genaue Relativstellung sowie gegebenenfalls die Relativbewegung zu den Sendern ermitteln kann. Der zweite Sender kann auch durch einen Transponder gebildet werden, dem von außen kein zweites Signal zugeführt wird und der lediglich das Signal des ersten Senders zurückgibt, so dass das
- 15 aufwändige Verlegen von Leitungskabeln zu dem zweiten Sender entfällt.

Selbstverständlich sind auch andere Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung der Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wie sie z. B. aus der Seefahrt- und der Flugzeugtechnik oder neuerdings aus der Fahrzeugnavigation bekannt sind.

20

Die Wegplanungseinrichtung 7 legt aufgrund von mathematischen Algorithmen einen Fahrweg fest, auf dem sich die Vibrationsplatte 3 bewegen muss, um die Fläche 1 vollständig zu verdichten. Wie bereits beschrieben ist es dabei möglich, als Zielvorgabe für die Wegplanung einen spiralförmigen Weg, einen mäandrierenden oder streifenförmigen Verlauf oder eine Zickzack-Bewegung des Wegs vorzugeben. Selbstverständlich sind hier verschiedene Bewegungsschemata möglich, die vom Bediener ausgewählt werden können. Ziel der Wegplanung ist es, die zu verdichtende Fläche 1 wenigstens einmal vollständig zu überfahren. Um

30 eine ausreichende Bodenverdichtung erreichen zu können, wird es jedoch oftmals erforderlich sein, die Fläche mehrmals zu überfahren. Diese Anforderung kann ebenfalls bei der Wegplanung berücksichtigt werden.

Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 wird manuell, z. B. mit Hilfe der Eingabe-

35 einrichtung 9, vom Bediener in die Nähe oder auf die zu verdichtende Fläche 1 gefahren.

1 Zu Beginn der Verdichtungsarbeit erhält der Fahrtgeber 8a in der Fernsteuerung
5 bzw. der alternative Fahrtgeber 8b auf der Bodenverdichtungsvorrichtung 3
einerseits die den vorgegebenen Fahrweg 4 repräsentierenden Daten von der
Wegplanungseinrichtung 7 und andererseits Signale von der Positionserfas-
5 sungseinrichtung 18, die den Fahrtgeber 8a, 8b über die aktuelle Position der
Bodenverdichtungsvorrichtung 3 informiert. Der Fahrtgeber 8a, 8b leitet dann
über die Fahrtregelungseinrichtung 15 die entsprechenden Maßnahmen ein, um
die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 auf dem von der Wegplanungseinrichtung 7
vorgegebenen Kurs zu bewegen. Wenn die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 vom
10 vorgegebenen Fahrweg 4 abweicht, regelt der Fahrtgeber 8a/8b entsprechend
gegen, um die Abweichung zu kompensieren.

Auf diese Weise ist eine automatische Verdichtung der Fläche 1 möglich, ohne
dass der Bediener eingreifen und die Fahrt manuell steuern muss.

15

Lediglich für Notfälle oder bei besonderen Hindernissen steht ihm die Eingabe-
einrichtung 9 zur Verfügung, die - wie eine klassische Fernsteuerung - über den
Empfänger 14 und die Fahrtregelungseinrichtung 15 das Fahrverhalten der Bo-
denverdichtungsvorrichtung 3 beeinflusst.

20

Alternativ dazu ist es auch möglich, durch die Eingabeeinrichtung 9 den vom
Fahrtgeber 8a/8b vorgegebenen Sollwert nachträglich zu verändern und dann
erst an die Fahrtregelungseinrichtung 15 zur Steuerung des Schwingungserre-
gers 16 weiterzuleiten.

Zur Sicherheit ist es zweckmäßig, dass die Eingabeeinrichtung 9 in jedem Fall
die automatische Steuerung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überstimmen
kann. Auf diese Weise behält der Bediener die Kompetenz, die Bodenverdich-
tungsvorrichtung 3 jederzeit und unabhängig von der Automatik steuern zu kön-
30 nen.

Damit die Positionserfassungseinrichtung 18 ihre Daten an die Steuervorrich-
tung 5 übermitteln kann, ist es zweckmäßig, wenn einerseits der Empfänger 14
auch als Sender und andererseits der Sender 13 auch als Empfänger ausgebil-
35 det ist. Auf diese Weise ist ein ständiger Austausch der Daten zwischen der
Steuervorrichtung 5 und der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 möglich, wobei
auch andere, nicht die Erfindung betreffende Informationen, wie z. B. Mo-

- 1 tordrehzahl, Schwingungsfrequenzen, Schwingungsamplituden, Öltemperatur, Daten zur Bestimmung des aktuellen Verdichtungs Zustands des Bodens, etc., übertragen und z. B. auf der Anzeige 12 angezeigt werden können.
- 5 Die räumliche Zuordnung der Komponenten der Steuervorrichtung/Fernsteuerung 5 ist nicht so streng wie in Fig. 2 dargestellt. So ist es ohne weiteres möglich, zumindest einzelne Komponenten der Steuervorrichtung 5 auch direkt auf der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 anzuordnen, wenn dies zweckmäßig ist. Auch ist es möglich, die Steuervorrichtung 5 vollständig, d. h. einschließlich der
- 10 Eingabeeinrichtung 11 und der Anzeige 12 direkt auf der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 anzuordnen. Das kann besonders dann zweckmäßig sein, wenn die Flächendefinition in besonders einfacher Weise, z. B. ohne Zuhilfenahme von GPS-Koordinaten, erfolgen soll.
- 15 Besonders hilfreich ist es, wenn die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 zusätzlich in einem Speicher abgelegt werden, der mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt ist. Die Auswerteeinrichtung ist in der Lage, die Daten der Positionserfassungseinrichtung 18 grafisch z. B. auf der Anzeige 12 darzustellen. Auf diese Weise hat der Bediener die Möglichkeit, relativ leicht den bereits zu-
- 20 rückgelegten Fahrweg der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 zu kontrollieren und z. B. mit der vordefinierten Fläche 1 bzw. deren Flächengrenzen 2 zu vergleichen. Ebenfalls kann der von der Wegplanungseinrichtung 7 vorgegebene Fahrweg 4 auf der Anzeige 12 dargestellt werden, was die Kontrollmöglichkeit für den Bediener verbessert. Jedenfalls hat der Bediener damit die Möglichkeit zu erkennen, ob die Vibrationsplatte 3 tatsächlich die Fläche 1 in der gewünschten Weise überfahren hat.

Alternativ zu einer grafischen Darstellung können auch Istwertprotokolle erstellt werden, die in schriftlicher Form mit den Sollwertvorgaben verglichen werden

30 können.

Anhand der Fig. 3 und 4 wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung erläutert.

- 35 Diese Variante ist einfacher gestaltet als die weiter oben beschriebene erste Ausführungsform. Insbesondere ist es hierbei nicht erforderlich, permanent die aktuelle Position der Bodenverdichtungs Vorrichtung 3 zu erfassen. Ebenfalls ist

- 1 keine Wegplanungseinrichtung erforderlich. Die Definition der zu verdichtenden Fläche 1 mit Hilfe der Flächendefinitionseinrichtung 6 kann ebenfalls vereinfacht vorgenommen werden.
- 5 Der der zweiten Ausführungsform zugrundeliegende Gedanke der automatischen Bodenverdichtung besteht darin, dass die zu verdichtende Fläche mehr oder weniger zufällig von der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 überfahren wird. Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 fährt dabei vorzugsweise stets geradeaus, bis sie eine der Flächengrenzen 2 erreicht. Dort angekommen ändert sie ihre Fahrtrichtung und fährt innerhalb der Fläche 1 in eine andere Richtung weiter, bis sie erneut auf eine Flächengrenze 2 stößt. Im Laufe der Zeit wird auf diese Weise nach dem Zufallsprinzip die gesamte Fläche 1 automatisch verdichtet.

- Fig. 3 zeigt die Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in Geradausrichtung entlang eines Fahrwegs 20. Bei Erreichen der Flächengrenze 2 ändert die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung und führt die Fahrt fort. Die Richtungsänderung bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel unterliegt folgender Regel: Die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 biegt stets nach rechts ab und ändert ihren Richtungswinkel um 315° , so dass der Fahrweg 20 einen spitzen Abbiegewinkel α von 45° einschließt. Selbstverständlich sind beliebige andere Winkelstellungen, aber auch andere Fahrtregeln denkbar.

- In Fig. 4 wird das Beispiel eines Abbiegewinkels α von 90° gezeigt. Ein spitzer Abbiegewinkel α hat jedoch den Vorteil, dass die Fläche 1 auch nach dem Zufallsprinzip relativ rasch verdichtet wird, während bei einem Winkel von 90° , insbesondere bei rechtwinklig zueinander stehenden Flächengrenzen 2, die Gefahr besteht, dass stets der gleiche Fahrweg 20 von der Vibrationsplatte 3 abgefahren wird.

- 30 Die Flächendefinitionseinrichtung kann im Verhältnis zur ersten Ausführungsform der Erfindung sehr einfach ausgestaltet werden. So ist es z. B. möglich, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe eines gespannten Drahtes oder durch auf den Boden aufgesprühte Farbmarkierungen zu kennzeichnen. Selbstverständlich sind auch andere Kennzeichnungsmöglichkeiten denkbar, die nach einem mechanischen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Prinzip arbeiten. So ist es insbesondere bei rechteckigen Flächen sehr einfach denkbar, die Flächengrenzen 2 mit Hilfe von Lichtschraken zu definieren.

- 1 An der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ist eine in eine in den Figuren nicht dargestellte Positionserfassungseinrichtung vorgesehen, die ebenfalls einfacher als die weiter oben erläuterte Positionserfassungseinrichtung 18 der ersten Ausführungsform der Erfindung ausgestaltet sein kann. Es genügt nämlich, wenn
- 5 die Positionserfassungseinrichtung lediglich die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 in der Nähe einer jeweiligen Flächengrenze 2, also eine Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 an die Flächengrenze 2 detektiert. Nicht hingegen ist es erforderlich, dass die Positionserfassungseinrichtung ständig die aktuelle Position der Bodenverdichtungsvorrichtung 3 erfasst.
- 10
- Dementsprechend kann die Positionserfassungseinrichtung mit einem geeigneten Detektor ausgestattet sein, um die oben definierten Flächengrenzen 2 zu erkennen.
- 15 Bei Erreichen der Flächengrenze 2 bewirkt ein sich ebenfalls von dem oben beschriebenen Fahrtgeber 8a/8b unterscheidender, einfacherer Fahrtgeber (nicht dargestellt) eine Änderung einer Fahrtrichtung entsprechend einer vorgegebenen Regel. Wie oben dargelegt, ist es z. B. möglich, stets einen Abbiegevorgang in die gleiche Richtung oder mit einem bestimmten Winkel vorzusehen. Alternativ dazu
- 20 können auch zufällig gewählte Winkel abgefahren werden. Es ist lediglich sicherzustellen, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 nach Änderung der Fahrtrichtung nicht weiter das Bestreben hat, über die Flächengrenze 2 - hinauszufahren. Sollte dies - z. B. bei einer fest vorgegebenen Richtungsänderung mit einem konstanten Winkel bei bestimmten Konstellationen von Flächengrenzen 2 - dennoch der Fall sein, müsste der Fahrtgeber umgehend entsprechende weitere Steuerungsmaßnahmen, also z. B. eine erneute Richtungsänderung gemäß der vorgegebenen Regeln, ergreifen.
- In Fig. 4 ist gezeigt, dass die Flächengrenze 2 jeweils einen Grenzbereich 21 um-
- 30 fassen darf, der eine gewisse Toleranz zulässt, innerhalb der die Bodenverdichtungsvorrichtung 3 ihre Fahrtrichtung zu ändern hat.

Wie bereits in der Beschreibungseinleitung ausführlich erläutert, weist das erfindungsgemäße Bodenverdichtungssystem vorzugsweise eine Bodenverdich-

35 tungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung auf, wie z. B. aus der DE 100 53 446 A1 bekannt. Dabei handelt es sich z. B. um eine Vibrationsplatte 3 mit dem Schwingungserreger 16, der die zwei gegenläufig drehenden Wellen

- 1 25, 26 aufweist, auf denen jeweils wenigstens eine Unwuchtmasse angeordnet ist.

- Vorteilhafterweise ist die Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer Fahrtrichtungsstabilisierung entsprechend der DE 100 35 446 A1 ausgestattet. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Selbstverständlich ist es auch möglich, für das Bodenverdichtungssystem eine konventionelle Bodenverdichtungsvorrichtung, insbesondere eine übliche Vibrationsplatte, zu verwenden, die keine Fahrtrichtungsstabilisierung im Sinne der DE 100 35 446 A1 aufweist. Für die
- 5
- 10 Einhaltung des Fahrwegs sorgt dann der Fahrtgeber, wobei gelegentliche Abweichungen vom vorgegebenen Kurs akzeptiert werden.

- In Anlehnung an die DE 100 35 446 A1 können auch Bodenverdichtungsvorrichtungen mit mehr als einem Schwingungserreger verwendet werden, wie z. B.
- 15 in Fig. 5 gezeigt.

- Fig. 5a zeigt schematisch die Draufsicht auf eine Vibrationsplatte mit der Bodenkontaktplatte 17, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 versetzt angeordnet sind. Zwischen den Schwingungserregern 27, 28 ist eine Hochachse 29 vorgesehen. Es ist erkennbar, dass die Schwingungserreger 27, 28 bei unterschiedlicher horizontaler Kraftwirkung ein Giermoment um die Hochachse 29 erzeugen können.
- 20

- Bei der Variante in Fig. 5b sind auf der Grundplatte 17 einer Bodenverdichtungsvorrichtung die Schwingungserreger 27, 28 und zusätzlich ein weiterer Schwingungserreger 30 angeordnet. Allein aufgrund der Tatsache, dass alle drei Schwingungserreger Vertikalschwingungen erzeugen, ist ersichtlich, dass eine derartige Vibrationsplatte hervorragend zur wirksamen Bodenverdichtung geeignet ist. Durch die unterschiedlich angeordnete Wirkrichtung der Schwingungserreger - der mittlere Schwingungserreger 30 ist um 90° gegenüber den beiden anderen Schwingungserregern 27, 28 verdreht - wird die Lenkbarkheit der Vibrationsplatte verbessert.
- 30

- Schließlich ist in Fig. 5c eine Vibrationsplatte mit einer kreisförmigen Bodenkontaktplatte 31 gezeigt, auf der zwei Schwingungserreger 27, 28 übereinander und um 90° zueinander versetzt angeordnet sind. Eine derartige Vibrationsplatte hat keine Vorzugsrichtung im Sinne einer Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt,
- 35

- 1 sondern ist universell in jede Richtung einstellbar. Durch das Ansteuern der Phasenlagen der Unwuchten der einzelnen Schwingungserreger 27, 28 lässt sich nahezu jede beliebige Bewegungsrichtung der Vibrationsplatte realisieren. Dies ist insbesondere in Kombination mit dem erfindungsgemäßen Bodenverdichtungssystem sehr vorteilhaft, weil die Vibrationsplatte ihre Richtung ändern kann, ohne dass die Bodenkontaktplatte 31 gegenüber dem zu verdichtenden Boden verdreht werden müsste.

- 10 In der DE 100 35 446 A1 sind weitere Möglichkeiten beschrieben, wie eine Bodenverdichtungsvorrichtung aussehen könnte, die in besonders vorteilhafter Weise bei dem erfindungsgemäßen Bodenverdichtungssystem Verwendung findet.



15

20



30

35

Patentansprüche

- 1 1. Bodenverdichtungssystem, mit
- einer fahr- und lenkbaren Bodenverdichtungsvorrichtung (3); und
 - einer Steuervorrichtung (5);
- wobei die Steuervorrichtung (5) aufweist:
- 5 - eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichten-
den Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener;
- eine Positionserfassungseinrichtung (18), zum Erfassen der aktuellen Po-
sition der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) wenigstens in der Nähe der Flä-
chengrenzen (2);
 - einen Fahrtgeber (8a; 8b) zum Ändern einer Fahrtrichtung durch Vorge-
ben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungsvorrichtung
(3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengren-
ze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.
- 15 2. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass
- die Positionserfassungseinrichtung (18) wenigstens zum Erfassen einer
Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine der Flächengrenzen
(2) ausgebildet ist;
- 20 - die Fahrtrichtung durch den Fahrtgeber (8a; 8b) änderbar ist, wenn die
Positionserfassungseinrichtung (18) eine Annäherung an die Flächengrenze (2)
feststellt.
- 25 3. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Flächendefinitionseinrichtung (18) eine Einrichtung zum mechani-
schen, optischen, magnetischen, induktiven oder kapazitiven Kennzeichnen der
Flächengrenzen (2) aufweist.
- 30 4. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Einrichtung zum mechanischen Kennzeichnen Band- oder Drahtmittel
aufweist, die entlang der Flächengrenzen (2) spannbar sind.
5. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen Farbmittel aufweist, die ent-
lang der Flächengrenzen auf den Boden aufbringbar sind.

1 6. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung zum optischen Kennzeichnen eine Lichtschranke aufweist.

5 7. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrtgeber (8a; 8b) eine Änderung der Fahrtrichtung zur ursprünglichen Fahrtrichtung mit einem vorgegebenen, während des gesamten Verdichtungsvorgangs konstanten Winkel (α) oder mit sich während des Verdichtungsvorgangs ändernden, nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Winkeln bewirkt.

10

8. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung aufweist:

- eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4) aufgrund der festgelegten Fläche (1), derart, dass die Bodenverdichtungs-
15 tungs- vorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;
wobei

- die Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der aktuellen Position der Bodenverdichtungs-
20 tungs- vorrichtung (3) innerhalb der Flächengrenzen (2) ausgebildet ist; und

- der Fahrtgeber (8a, 8b) zum Vorgeben eines Sollwerts für eine Fahrbewegung der Bodenverdichtungs-
25 tungs- vorrichtung (3) aufgrund eines Vergleichs der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe ausgebildet ist, derart, dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

9. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) und/oder die Positionserfassungseinrichtung (18) eine Koordinatenerfassungseinrichtung zum Bestimmen von absoluten geographischen Ortskoordinaten ihres jeweiligen Aufenthaltsortes aufweist.

30

10. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) einen Speicher mit geographischen Ortsinformationen zu dem Bereich der zu verdichtenden Fläche (1) aufweist.

35

11. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächengrenzen (2) durch absolute Ortskoordinaten

1 definierbar sind.

12. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrwegsvorgabe durch die Wegplanungseinrichtung
5 (7) in Form von absoluten oder relativen geografischen Ortskoordinaten definierbar ist.

13. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wegplanungseinrichtung (7) mathematische Algorithmen zur weg- und/oder zeitoptimierten Wegplanung aufweist.
10

14. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Teil der Komponenten der Steuervorrichtung (5), insbesondere die Flächendefinitionseinrichtung (6), der Fahrtgeber (8a) und/oder die Wegplanungseinrichtung (7), räumlich getrennt von der Bodenverdichtungs-
15 vorrichtung (3) angeordnet ist.

15. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flächendefinitionseinrichtung (6) räumlich getrennt
20 von der Bodenverdichtungs- vorrichtung (3) angeordnet ist, und dass Daten zwischen der Flächendefinitionseinrichtung (6) und der Bodenverdichtungs- vorrichtung (3) drahtlos, insbesondere über Funk, Infrarot oder durch Laser übertragbar sind.

16. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass räumlich getrennt von der Bodenverdichtungs- vorrichtung (3) und mit dieser über eine Funk-, Laser- oder Infrarotstrecke gekoppelt eine Eingabeeinrichtung (9) zum manuellen Verändern des von dem Fahrtgeber (8a; 8b) vorgegebenen Sollwerts vorgesehen ist.
30

17. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionserfassungseinrichtung (18) mit einem Speicher gekoppelt ist, zum Speichern von Daten zu den jeweils von der Bodenverdichtungs- vorrichtung (3) erreichten Positionen.
35

18. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **gekennzeichnet durch** eine Auswerteeinrichtung, die mit der Flächendefinitionsein-

- 1 richtung (6) und der Positionserfassungseinrichtung (18) gekoppelt ist und die eine Anzeige (12) zum grafischen Darstellen der vorgegebenen Flächengrenzen (2) und der von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) zum jeweiligen Zeitpunkt bereits verdichteten Fläche aufweist.

5

19. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- eine Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens vorgesehen ist;
- 10 - die Verdichtungsergebnis-Erfassungseinrichtung mit der Wegplanungseinrichtung (7) gekoppelt ist, zum Übermitteln von Information bezüglich des Ist-Verdichtungszustands; und dass
- die Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen der Vorgabe für den Fahrweg (4) unter Berücksichtigung des Ist-Verdichtungszustands ausgebildet ist.

15

20. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- in der Wegplanungseinrichtung (7) der Ist-Verdichtungszustand mit einem vorgegebenen Soll-Verdichtungszustand vergleichbar ist;
- 20 - der Fahrweg (4) durch die Wegplanungseinrichtung (7) derart vorgebbar ist, dass Bodenflächen, bei denen der Ist-Verdichtungszustand den Soll-Verdichtungszustand übersteigt und damit bereits eine ausreichende Verdichtung vorliegt, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

5

21. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) aufweist:

- einen Fahrtrieb (16) zum Erzeugen einer Vortriebsbewegung;
- eine Lenkeinrichtung (16) zum Erzeugen eines Giermoments um eine Hochachse (29) der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);
- 30 - eine Bewegungserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Istwerts für die Fahrbewegung; und
- eine von dem Istwert und dem vom Fahrtgeber vorgegebenen Sollwert beaufschlagbare Fahrtregelungseinrichtung (15) zum Ansteuern der Lenkeinrichtung und/oder des Fahrtriebs derart, dass eine durch die Differenz zwischen
- 35 Ist- und Sollwert gebildete Regelabweichung minimal ist.

22. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**,

- 1 dass der Fahrtrieb wenigstens eine Schwingungserregungseinrichtung (16)
aufweist, mit zwei zueinander parallelen, gegenläufig drehbaren und jeweils we-
nigstens eine Unwuchtmasse tragenden Wellen (25, 26), deren Phasenlage zu-
einander verstellbar ist.

5

23. Bodenverdichtungssystem nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass auf wenigstens einer Welle (25, 26) der Schwingungserregungs-
einrichtung (16) zwei Unwuchtmassen axial versetzt angeordnet sind und dass
die Lenkeinrichtung (16) zum Verstellen der Phasenlage der beiden Unwucht-
massen ausgebildet ist.

10

24. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch
gekennzeichnet**, dass der Fahrtrieb und die Lenkeinrichtung durch eine An-
ordnung von mehreren, zueinander ortsfest getragenen Schwingungserregungs-
einrichtungen (27, 28; 30) gebildet sind, wobei die Schwingungserregungsein-
richtungen (27, 28; 30) jeweils zwei zueinander parallele, gegenläufig drehbare
und jeweils wenigstens eine Unwucht tragende Wellen aufweisen, deren Phasen-
lage verstellbar ist, und wobei jeweils durch eine der Schwingungserregungsein-
richtungen (27, 28; 30) eine Vortriebsbewegung in eine Vortriebsrichtung er-
zeugbar ist.

15

20

25. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch
gekennzeichnet**, dass die Vortriebsrichtung von wenigstens einer (30) der
Schwingungserregungseinrichtungen von denen der anderen (27, 28) abweicht.

26. Bodenverdichtungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch
gekennzeichnet**, dass eine von der Schwingungserregungseinrichtung oder den
Schwingungserregungseinrichtungen beaufschlagte Bodenkontaktplatte (31) ei-
nen im wesentlichen kreisförmigen Grundriß aufweist.

30

27. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:

- Definieren von Flächengrenzen (2) einer zu verdichtenden Fläche (1) mit
einer Flächendefinitionseinrichtung (6);

- automatisches Fahren einer Bodenverdichtungsvorrichtung (3) innerhalb
der Flächengrenzen (2), im Wesentlichen in einer Geradeausrichtung;

35

- Erfassen einer Annäherung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) an eine
der Flächengrenzen (2);

- 1 - automatisches Ändern der Fahrtrichtung der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) die jeweilige Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt fortsetzt.

5

28. Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung, mit den Schritten:

- Definieren von Flächengrenzen einer zu verdichtenden Fläche (1) und Speichern von die Flächengrenzen (2) repräsentierenden Daten in einer Flächendefinitionseinrichtung (6);

10

- Planen einer Vorgabe für einen Fahrweg (4), derart, dass eine Bodenverdichtungsvorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt;

- automatisches Fahren der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) entlang der Fahrwegsvorgabe.

15

29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das automatische Fahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen der jeweils aktuellen Position der Bodenverdichtungsvorrichtung (3);

20

- Vergleichen der aktuellen Position mit der Fahrwegsvorgabe;
- automatisches Fahren und Lenken der Bodenverdichtungsvorrichtung (3), derart, dass die Bodenverdichtungsvorrichtung (3) der Fahrwegsvorgabe folgt.

30. Verfahren nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, durch die Schritte:

- Kontinuierliches Erfassen des Ist-Verdichtungszustands des verdichteten Bodens;
- Vergleichen des Ist-Verdichtungszustands mit einem Soll-Verdichtungszustand;

30

- Anpassen der Fahrwegsvorgabe derart, dass Bereiche des Bodens, bei denen der Ist-Verdichtungszustand größer ist als der Soll-Verdichtungszustand, nicht mehr von der Bodenverdichtungsvorrichtung (3) überfahren werden.

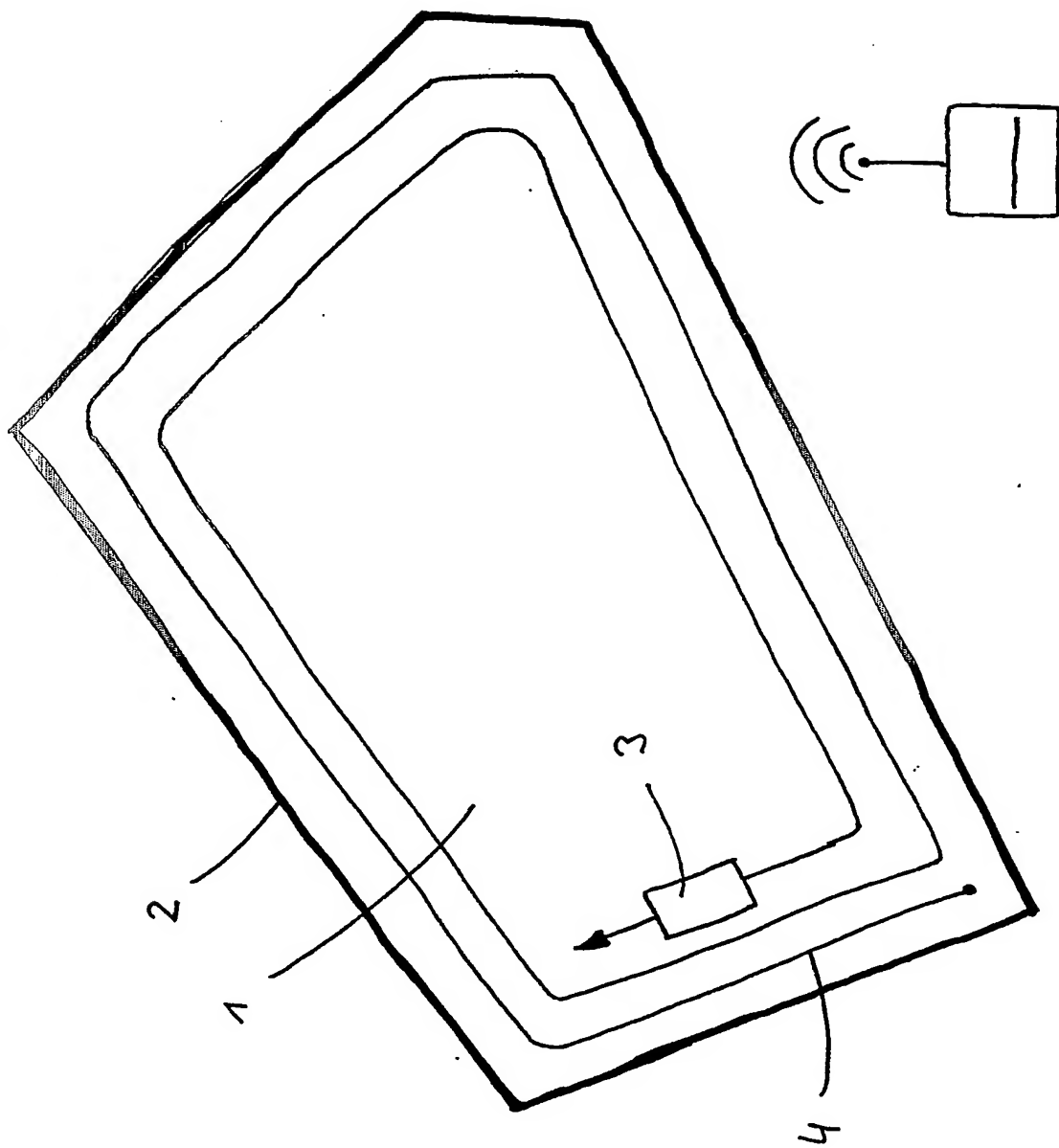


Fig. 1

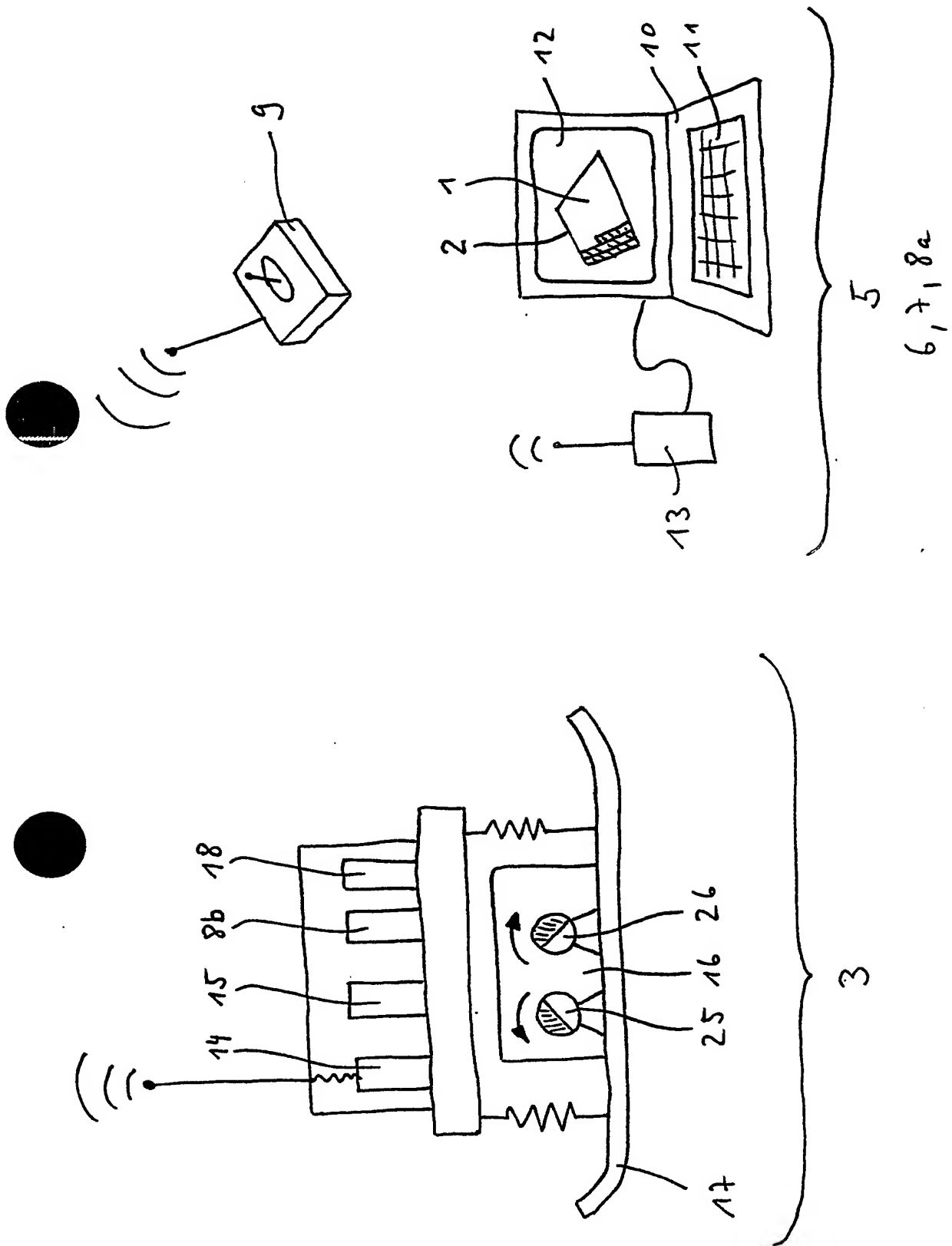


Fig. 2

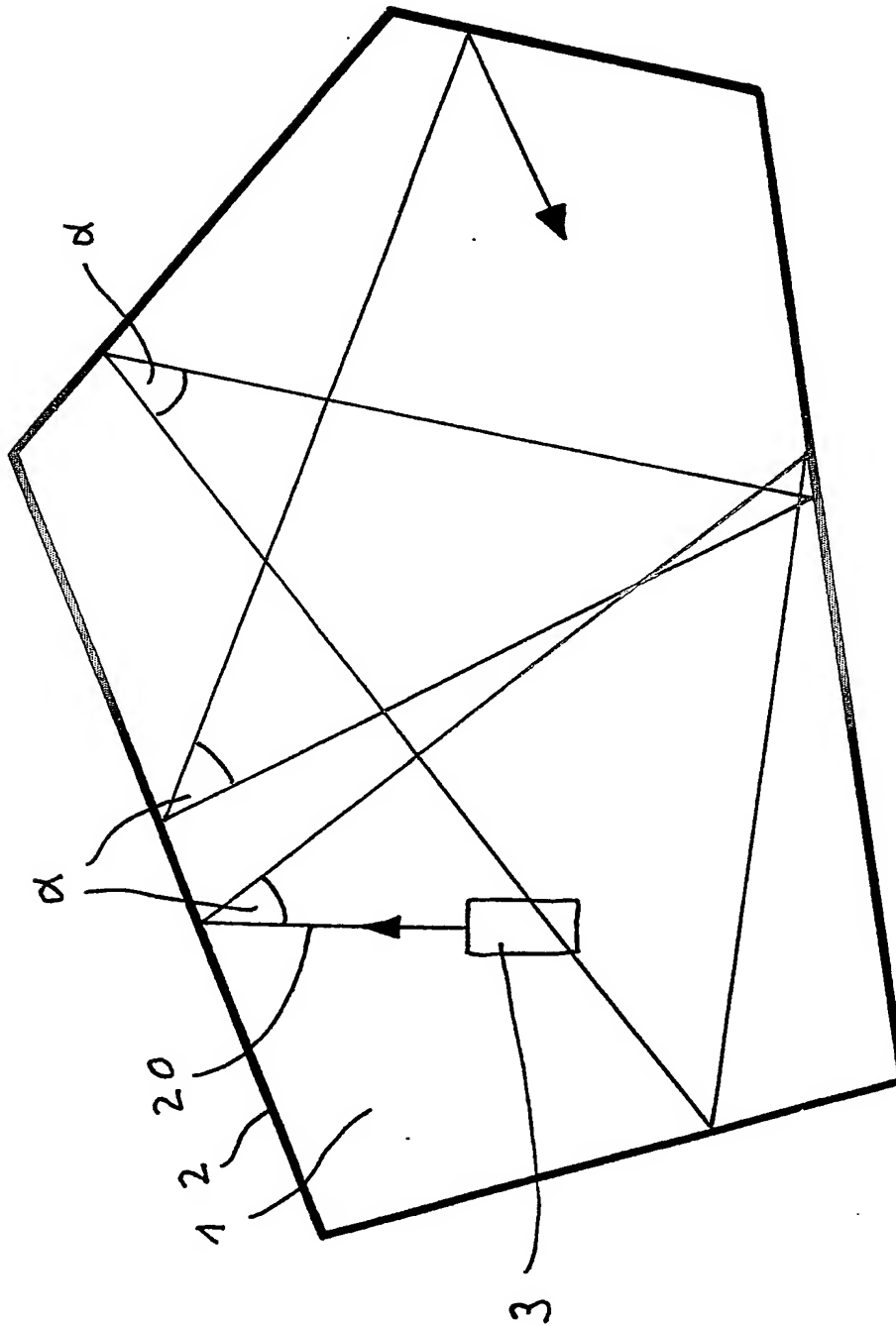


Fig. 3

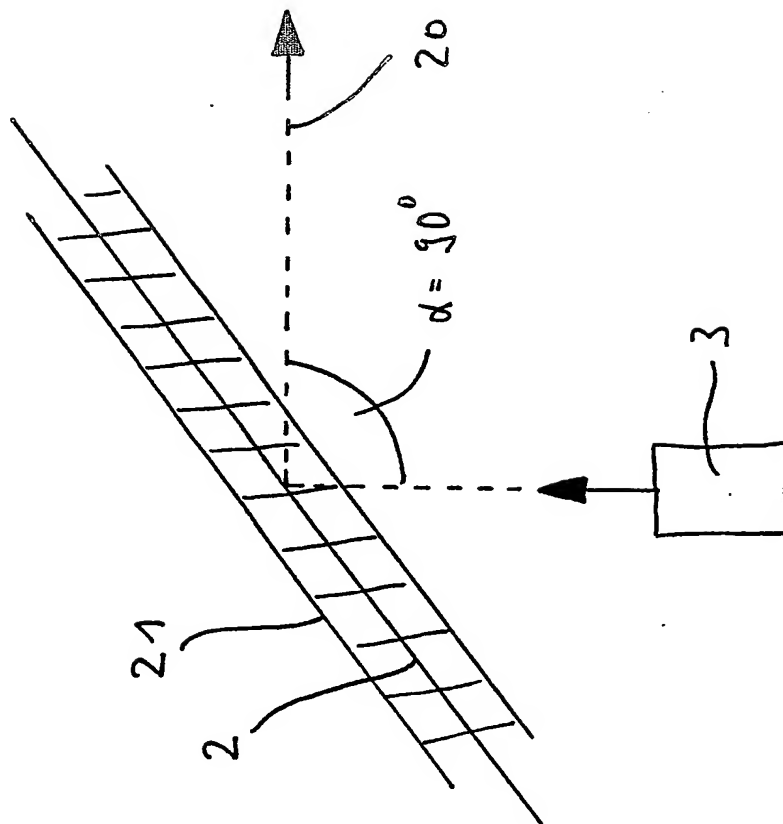


Fig. 4

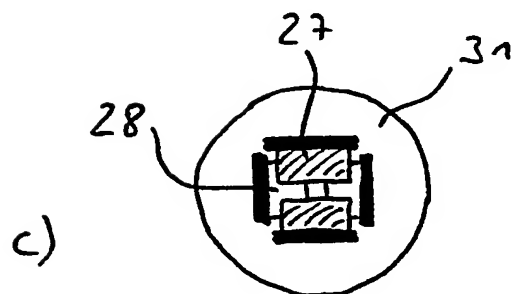
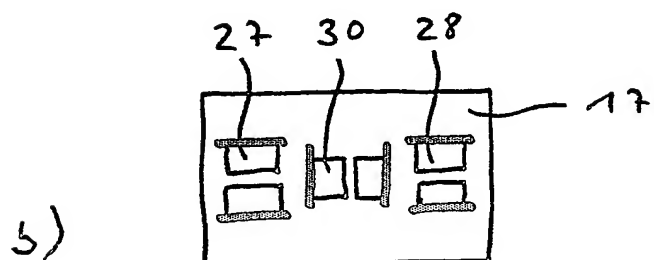
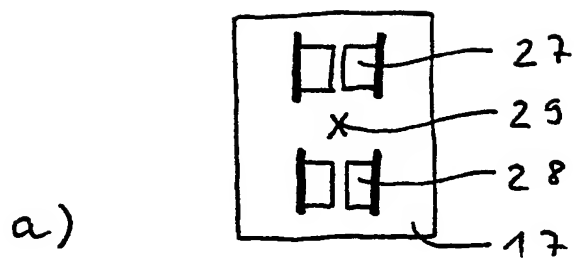


Fig. 5

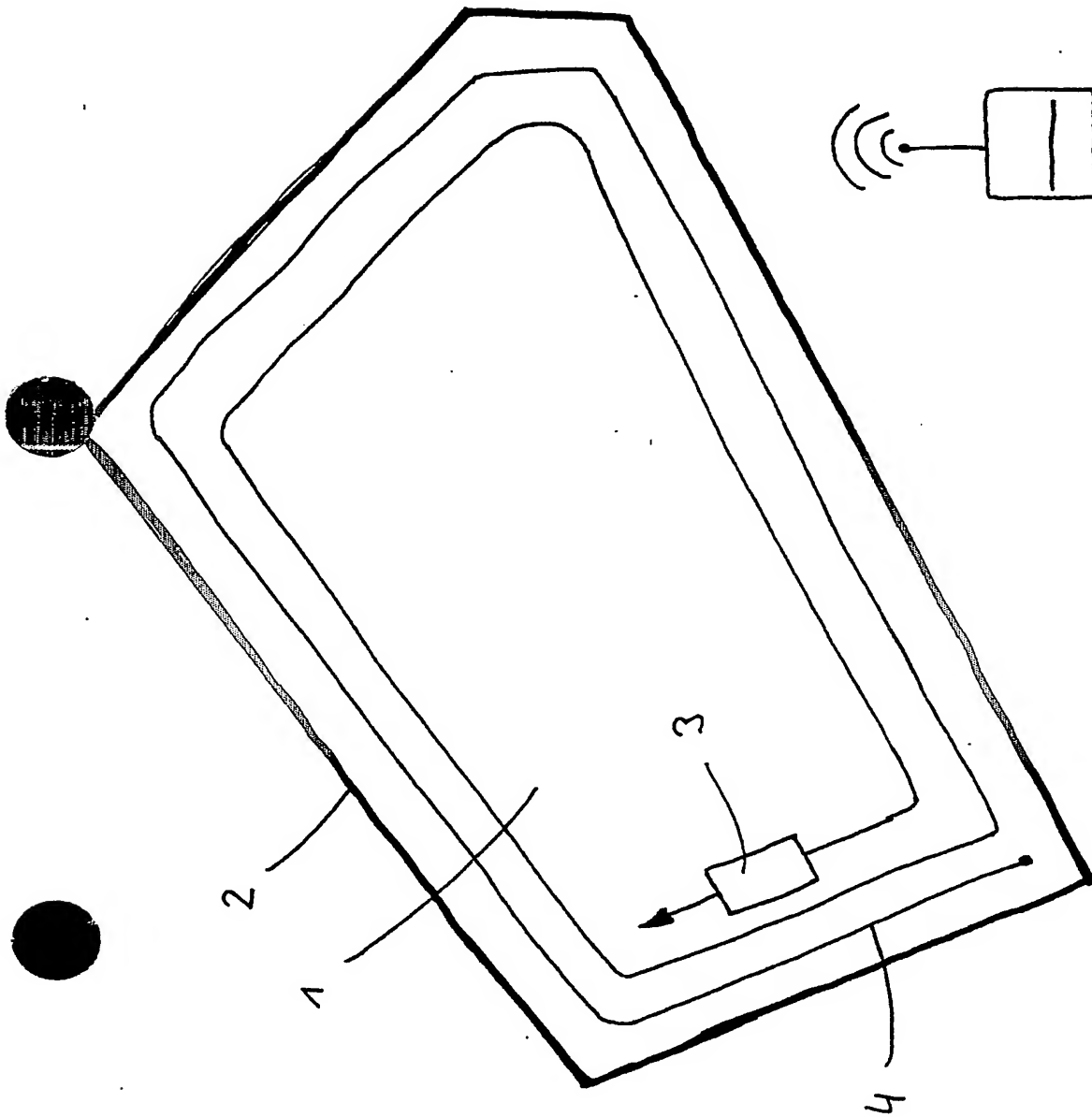
Zusammenfassung

System und Verfahren zur automatisierten Bodenverdichtung

Ein Bodenverdichtungssystem weist eine fahr- und lenkbare Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3) sowie eine Steuervorrichtung (5) auf. Die Steuervorrichtung (5)
weist eine Flächendefinitionseinrichtung (6) zum Festlegen einer zu verdichten-
den Fläche (1) und der zugehörigen Flächengrenzen (2) durch einen Bediener
auf. Weiterhin ist eine Positionserfassungseinrichtung (18) zum Erfassen der
aktuellen Position der Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3) vorgesehen. Ein Fahrt-
geber (8a; 8b) ändert die Fahrtrichtung der Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3), dass die Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3) die jeweilige
Flächengrenze (2) nicht überfährt, sondern innerhalb der Fläche (1) die Fahrt
fortsetzt. Ergänzend kann eine Wegplanungseinrichtung (7) zum Festlegen einer
Vorgabe für einen Fahrweg (4) vorgesehen sein, wobei sichergestellt ist, dass die
Bodenverdichtungs-
vorrichtung (3) bei Einhaltung der Fahrwegsvorgabe die zu
verdichtende Fläche (1) wenigstens einmal vollständig überfährt. Auf diese
Weise wird eine automatische Verdichtung eines Bodens innerhalb einer vom
Bediener vordefinierten Fläche (1) ermöglicht.

(Fig. 1)

Figur für Zusammenfassung



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.